



ÖREBRO
UNIVERSITET

Våg- och materiefysik för civilingenjörer

FY501G-0100

2023-03-14, kl. 08:15-13:15

Hjälpmedel: Skrivmateriel, lärobok¹ och miniräknare.

Betygskriterier: Skrivningens maxpoäng är 60, uppdelat på 10 poäng per huvuduppgift, och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse; färdighet, förmåga och värderingsförmåga;* samt *skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 4 poäng inom vart och ett av områdena *vågrörelselära, elektromagnetism, kvantmekanik och materiens struktur* samt 30/40/50 poäng totalt. Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

Anvisningar: Motivera väl med sidhänvisningar och formelnummer från läroboken, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per sida.

Skrivningsresultat: Meddelas inom 15 arbetsdagar.

Examinator: Magnus Ögren.

Lycka till!

1.

- a) En person slår på ena änden av en lång smal stång med en hammare. Ljudets hastighet i stången är 15 gånger större än vad den är i luft. En person som lyssnar nära stångens andra ände hör ljudet från hammerslaget två gånger, först då ljudet färdats genom stången och 60 ms senare då ljudet färdats genom luften. Vad var stångens längd om ljudhastigheten i luft där var 343 m/s?

En ljudkälla A och en reflekterande yta B rör sig båda mot varandra i stillastående luft. Farten för A är 20.0 m/s, farten för B är 80.0 m/s, och ljudfarten är 329 m/s. Ljudkällan A sänder ut ljudvågor med frekvensen 2000 Hz uppmätt i referenssystemet för A.

- b) Vilken frekvens uppmäts i referenssystemet för B när ljudvågorna nått dit?
- c) Ljudet reflekteras vid B tillbaka mot A, vilken frekvens uppmäts i referenssystemet för A på de reflekterade ljudvågorna som nått tillbaka dit?

¹ *Principles of Physics* Halliday, Resnick, Walker

2. I labbsal T112 har ett experiment med ett svängande elastiskt snöre utförts. De viktigaste komponenterna i experimentet förutom snöret är stativ och en signalgenerator inställd på låga frekvenser.
- Gör en enkel skiss över uppställningen, där transversella stående vågor studeras, och rita ut en ögonblicksbild av det horisontella snöret om hela längden, L , svarar mot nio halva våglängder, $\frac{9}{2}\lambda$.
 - Om längden uppmäts till $L = 3.52$ m och frekvensen $f = 35$ Hz avläses på signalgeneratoren, vad är då vågens utbredningsfart?
 - Vi kan också beräkna utbredningsfarten med hjälp av spännkraften i snöret, $\tau = 4.4$ N, samt snörets massa, $m = 22.2$ g. Vilket värde på utbredningsfarten får du då?
 - Du vill nu öka antalet halva våglängder för samma längd L till tio ($\frac{10}{2}\lambda$). Beskriv hur du kan göra det på två olika sätt, dvs genom att ändra på två olika parametrar i experimentet. Välj ut ett av sätten och genomför beräkningar för de nya parametervärdena, dvs ange f , λ , v och τ för den nya situationen.
 - Förklara varför de samband du använt dig av ovan (tex i **b**)) förutsätter att svängingarnas amplitud är liten i förhållande till snörets längd.

3. Antag att ett bi är en sfär med diameter 1.000 cm och med en laddning $+60.0$ pC jämnt utspritt över dess yta. Antag vidare att ett sfäriskt pollenkorn med diameter $40.0 \mu\text{m}$ hålls fast vid biets yta pga att biets elektriska laddning inducerar en laddning -1.00 pC på kornets yta närmast biet och en laddning $+1.00$ pC på kornets yta längst från biet.

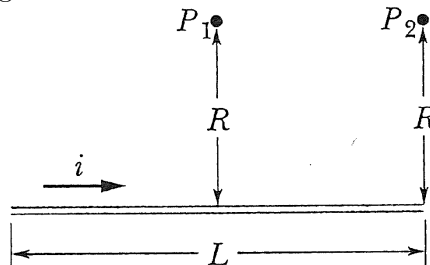
- Vad är storleken på den elektrostatiska kraften på pollenkornet pga av biet?

Vi tänker oss nu att biet transporterar pollenkornet till ett avstånd av 1.000 mm från toppen på en blommas märke (eng: *stigma*) och att märkets topp har en laddning -60.0 pC.

- Vad är storleken på den sammanlagda elektrostatiska kraften på pollenkornet pga av blomman (märket)?
- Kommer pollenkornet att stanna hos biet eller föras över till märket och befrukta blomman, motivera?
- Förklara kortfattat hur Gauss lag för elektriska fält fungerar (beskriv alla ingående delar i ekvationen) och applicera det på en elektrisk punktladdning q och räkna ut styrkan av det elektriska fältet på avståndet R från punktladdningen.

4.

I figuren nedan ser du en strömförande ledare med längden $L = 1.0$ m.



Enligt en civilingenjörstudent gäller att magnetfältet i punkten P_1 har styrkan

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \frac{\frac{L}{2}}{R\sqrt{R^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}.$$

a) Argumentera för att enheten för högerledet i formeln ovan kan vara T (Tesla).

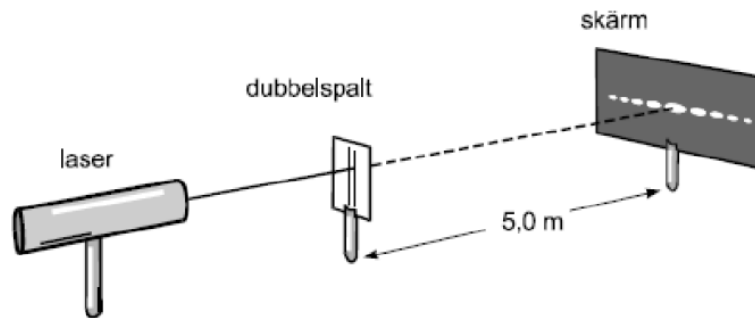
Enligt en annan civilingenjörstudent gäller att magnetfältet i punkten P_1 kan approximeras med motsvarande formel för en oändligt lång ledare ($L \rightarrow \infty$) om $R \ll L$ (betyder R mycket mindre än L).

b) Verifiera civilingenjörstudentens påstående analytiskt eller numeriskt för $R = 1.0$ mm.

c) Argumentera kvalitativt med utgångspunkt i Biot-Savarts lag (eng: *law of Biot and Savart*) för om styrkan av magnetfältet i punkten P_2 (se figuren ovan) är större eller mindre än i punkten P_1 .

5. a)

Laserljus passerar en dubbelspalt med avståndet 0,10 mm mellan spaltöppningarna. På avståndet 5,00 m från spalterna fångar man på en skärm upp ett interferensmönster. Avståndet mellan centralbilden och första ordningens bild är 3,0 cm. Beräkna ljusets våglängd.



b)

Man kan med god approximation anta att stjärnorna (och solen) strålar som så kallade svarta kroppar. Fixstjärnan Sirius sänder ut strålning som har sin maximala intensitet vid våglängden 290 nm. Vilket värde på Sirius ytemperatur ger detta?

c) Monokromatiskt ljus med våglängden $0,55 \mu\text{m}$ träffar en metallyta från vilken elektroner lossnar om de tillförs 0,35 aJ energi, lossnar det några elektroner?

6.

a) Det är vanligt att en använder energienheten elektronvolt (eV) för att beskriva energiförändringar orsakade av elektroner i atomer. En atom har en radie av storleksordningen $R = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Om en använder en endimensionell oändlig lådpotential (eng: *infinite potential well*) med bredden $L = R$ för att grovt beräkna grundtillståndet för en elektron i atomen, vad blir då energin uttryckt i elektronvolt?

b) Det är vanligt att en använder energienheten megaelektronvolt (MeV) för att beskriva energiförändringar orsakade av protoner och neutroner i atomkärnor. En atomkärna har en radie av storleksordningen $r = 5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Om en använder en endimensionell oändlig lådpotential (eng: *infinite potential well*) med bredden $L = r$ för att grovt beräkna grundtillståndet för en proton i atomkärnan, vad blir då energin uttryckt i megaelektronvolt?

c) Du skall hjälpa till att förbättra energiberäkningen för en elektrons grundtillstånd i atomen från a) genom att istället använda en endimensionell ändlig lådpotential (eng: *finite potential well*) med samma bredd $L = R$ och med 'höjden' $V_0 = 3,0 \text{ eV}$. Kommer den beräknade energinivån för den ändliga brunnen bli högre eller lägre än för den oändliga och varför (skissa gärna)?